

University of Groningen

Low friction and wear resistant coatings

Carvalho, Nuno Jorge Marcolino

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2001

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Carvalho, N. J. M. (2001). *Low friction and wear resistant coatings: Microstructure and mechanical properties*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SAMENVATTING

Opedampte deklagen worden ingezet bij het oplossen van ingewikkelde materiaalproblemen. Het succes hangt van de mogelijkheden af om het te verbeteren op plaatsen die het meest worden belast. Het substraat-materiaal wordt gekozen voor de sterkte en taaiheid terwijl de coating dient voor verhoging van de slijt- en wrijvingsweerstand. WC/C multilagen zijn interessante deklagen voor tribologische toepassingen waarbij een dunne slijtvaste laag met lage statische en dynamische wrijving tegen de meeste metalen vereist is. Toepassingen van harde TiN deklagen op snijgereedschap wordt genoemd als een van de meest belangrijke technologische vooruitgangen in het ontwikkelen van moderne gereedschappen. Ofschoon TiN deklagen al een dominante positie innemen, vereist verdere verbetering van de slijtvastheid nog veel onderzoek aan multilaag systemen. Bij het afwisselend aanbrengen van twee (of meer) chemische en/of mechanische verschillende materialen, worden de spanningsconcentratie en de condities voor scheur-voortplanting veranderd. De structuur van multilagen gedraagt zich als een barrière voor scheurvoortplanting, en verbetert daarbij de breukvastheid van de coating. TiN/(Ti,Al)N coatings bezitten weliswaar de voordelen van deze eigenschappen maar het ontbreekt aan gedetailleerde informatie over de microstructuur.

Dit proefschrift is gericht op het verschaffen van een gedetailleerde karakterisatie van de microstructuur en de mechanische eigenschappen zoals

SAMENVATTING

hardheid en Young's-modulus. Bovendien wordt er een inzicht in de breuk mechanismen verkregen door nano-indentaties en rol-contact-vermoeiingstesten. Dit maakt het mogelijk het gedrag tijdens toepassingen van gecoate systemen te voorspellen. Het proefschrift beschrijft een succesvolle, nieuwe techniek voor het maken van een dwarsdoorsnede van nanoindentaties.

WC/C MULTILAGEN

Omdat deze coating nog steeds in ontwikkeling is, bestaat er een grote mate van onzekerheid over de optimale samenstelling. Verschillende configuraties van WC/C multilaag coatings zijn aangebracht op roestvrije en gereedschap stalen substraten. Het doel is de invloed van iedere onafhankelijke laag op mechanische gronden te kiezen zodat de meest veelbelovende combinatie ontstaat. Deze structuur is samengesteld uit een lichaamsgecentreerde collumnaire chroomtussenlaag, een amorfe tussen-(multi)laag van WC en koolstof, een amorfe WC laag en uiteindelijk de amorfe interlaminaire WC/C structuur. De collumnaire chroom tussenlaag is aangebracht om de adhesie tussen coating en substraat te verbeteren, terwijl de tussen-(multi)laag en de amorfe WC laag zijn aangebracht om een compositiegradient van de interlaminaire WC/C tot aan de chroomtussenlaag te verschaffen. Defectstructuren die mogelijk de coatingprestaties in gevaar brengen zijn geïdentificeerd. Het is bewezen dat de aanwezigheid van een WC tussenlaag voordelig is voor het afremmen van defecten.

Met behulp van nanoindentaties is de WC/C multilaag hardheid bepaald op ~14 GPa en de effectieve Youngs-modulus ~220 GPa. Het deformatie mechanisme van de gecoate systemen hangt af van de plastische eigenschappen van het substraat. Voor roestvrijstalen substraten worden ringvormige scheuren gevormd, terwijl voor gereedschapsstaal geneste scheuren ontstaan. De systemen reageren op het ontlasten met de voortplanting van scheuren in de koolstoflagen in plaats van delaminatie van de tussenlaag. De meest belovende combinatie van coating-substraat bestaat uit dunne lamellen met tussenlagen aangebracht op gereedschapstaal.

Tribologische experimenten hebben aangetoond dat een goede prestatie van de WC/C multilagen moet worden toegekend aan hun taaie eigenschappen die zorgen voor een lager wrijving en spanningsniveau. De koolstof lamellen reduceren de wrijving en hoogstwaarschijnlijk de temperatuur aan het oppervlak waardoor de slijtage ook vermindert.

TiN EN TiN/(Ti,Al)N MULTILAGEN

Beter inzicht in de microstructuur en het mechanische gedrag van homogene TiN lagen, levert tot een beter begrip van geavanceerde coatings, die gevormd worden door superroosterstructuren van TiN/(Ti,Al)N. De onderzochte TiN en TiN/(Ti,Al)N multilaag coatings hebben respectievelijk een fiber- en columnaire-microstructuur. Het oppervlak van de multilaag coating vertoont opmerkelijke uitsteeksels en kraters. De uitsteeksels bestaan uit druppeltjes van TiN ontsnapt aan de met stikstof vervuilde titaniumbron. Omdat ze losjes gebonden zijn aan de multilagen, kunnen de druppeltjes dichtbij het oppervlak gemakkelijk worden verwijderd door drukspanningen, waardoor kraters achterblijven in de blootgestelde deklaag. Het mechanische gedrag van TiN deklagen werd getest met Vickers hardheidstesten om zo de prestaties van de gecoate systemen onder hoge belasting te evalueren, en met nanoindentaties om de eigenschappen bij lage belastingen te bestuderen. De hardheid was in de orde van 31 ± 1 GPa en de Young's modulus was in de orde van 500 GPa. Het falen van de gecoate systemen tijdens vermoeiingsexperimenten in rollend contact begint in het gebied bij de tussenlaag. Dit geeft aan dat de levensduur erg gevoelig is voor de adhesie tussen de lagen. Bovendien is er aanzienlijke onregelmatigheid gevonden in de vermoeiingsduur tussen systemen met verschillende oppervlakte-bewerking en -ruwheid van de substraten. Daarom bestaat er een afhankelijkheid van de voorbehandeling en de oppervlakteruwheid: een beter gepolijst oppervlak wordt geassocieerd met een langere levensduur. Een andere belangrijke uitkomst van deze testen is dat het gecoate systeem alleen de levensduur verlengt als het substraat hard genoeg is om de belasting te dragen. Anders ontstaat er plastische of elastische vervormingen in het substraat die tot breuk leiden.